



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 32 36 218.8
㉔ Anmeldetag: 30. 9. 82
㉕ Offenlegungstag: 5. 4. 84

DE 3236218 A1

㉑ Anmelder:

Hauke, Rudolf, Dr., 4300 Essen, DE; Demuth,
Dietmar, 5840 Schwerte, DE

㉒ Erfinder:

gleich Anmelder

Behördensigntum

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur digitalen Ansteuerung einer Verzögerungskette für ein Ultraschall-Gerät

Dynamische Fokussierung von Ultraschallwellen in der Ultraschall-Diagnostik, mit flexiblem Scan-Ablauf, bei der ein Microrechner übergeordnet eine Verzögerungsanordnung und einen Scan-Converter zur Darstellung der empfangenen Echosignale auf einem Monitor steuert, in dem der Microrechner jeweils einen Code für einen Ablenkwinkel des Ultraschallstrahls an die Verzögerungsanordnung übergibt; durch ein Steuersignal wird die microprogrammierte Ablaufsteuerung gestartet, die einen folgenden Linienzyklus (Aussenden eines Ultraschall-Pulses und Empfang der reflektierten Echos) kontrolliert und einen Demultiplexer und Multiplexer der Sende- bzw. Empfangseinheit zur Auswahl von N-Elementen einer M-elementigen Sonde in geeigneter Weise programmiert.

DE 3236218 A1

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zur digitalen Ansteuerung einer Verzögerungskette für ein Ultraschallgerät, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ultraschall-Sende-/Empfangswandler elektronisch so angesteuert wird, daß ein Ein- bzw. Auslesen einer Nutzinformation in bzw. aus einem, für jedes Element einer Untergruppe des Ultraschall-Sende-/Empfangssignals jeweils einmal vorhandenen, digitalen Zwischenspeichers mit vorgeschaltetem Analog-Digital-Wandler über eine digitale Verzögerungssteuerung derart erfolgt, daß aus der Gesamtheit der in einem digitalen Speicher abgelegten Verzögerungszeitdaten die jeweils aktuellen, vom Ablenkwinkel bzw. Fokuspunkt und Element abhängigen Daten in einem, jeweils einem Analog-Digital-Wandler zugeordneten Zwischenspeicher zum Setzen der Universal-Vorwahlzähler geladen werden, so daß alle Universal-Vorwahlzähler auf ein Startsignal hin von einem, nur einmal vorhandenen, für alle Zähler gemeinsamen hochfrequenten Muttertakt heruntergezählt werden, um mit dem Übertragungsbit den jeweiligen Analog-Digital-Wandler zu einem exakt definierten Zeitpunkt zum Wandeln

der Eingangsinformation anzusteuern und die so gewonnenen Digitalwerte in einem Empfangs-Zwischenspeicher abzulegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Laden entsprechender Daten aus dem Verzögerungszeitspeicher über die Verzögerungszeit-Zwischenspeicher in die Universal-Spurwahlzähler auf ein Steuersignal hin die Analog-Digital-Wandlung jedes Kanals jeweils für eine bestimmte, für jeden Kanal eigene Zeit gehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gewandelten Digital-Werte in einem Zwischenspeicher so abgespeichert werden, daß nach Ablauf der jeweiligen Maximal-Verzögerungszeit die Daten aller Zwischenspeicher durch ein allen Zwischenspeichern gemeinsames Taktsignal, welches aus dem Muttertakt durch Herunterteilen gewonnen wurde, in eine Summationseinheit zur phasenrichtigen Addition gegeben werden, und daß gleichzeitig weitere neue Digital-Informationen mit der für jeden Kanal individuellen Phasenlage des eigenen Taktes, gesteuert

von dem Universal-Vorwahlzähler und Muttertakt, in den Zwischenspeicher eingelesen werden.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die von dem Mikrorechner (1) angesteuerte programmierte Ablaufsteuerung (5), eine MUX/Empfangseinheit (6), eine DEMUX/Sendeeinheit (7) sowie eine Multiplex-Kontrolleinheit (11) ansteuert, wobei eine digitale Verzögerungssteuerung (12) sowohl mit der Ablaufsteuerung (5) als auch mit der Multiplex-Kontrolleinheit (11) rückgekoppelt verbunden ist und von letzterer gleichzeitig über einen Verzögerungszeit-Speicher (8) angesteuert wird, dabei mit einem ersten Ausgang (9a) mit einer Decodier- und Additionseinheit (14), mit einem zweiten Ausgang (9b) mit einem Zwischenspeicher (13), dessen Ausgänge (10) auf die Decodier- und Additionseinheit (14) gelegt sind, mit einem dritten Ausgang (9c) mit einem Scan-Converter (3), der außerdem von dem Mikrorechner (1) und der Decodier- und Additionseinheit (14) angesteuert wird und dessen Ausgang mit einer Display-Einheit (4) verbunden ist, sowie mit einem vierten Ausgang (9d) mit der DEMUX/Sendeeinheit (7) verbunden

ist, deren Ausgang mit einer M-Element-Sonde (15) verbunden ist, deren Ausgang mit der MUX/Empfangseinheit (6) verbunden ist, wobei deren Ausgang an den Zwischenspeicher (13) gelegt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die aus einem Verzögerungszeit-Zwischenspeicher (17), einem Universal-Vorwahlzähler (19) und einem Demultiplexer (21) bestehende digitale Verzögerungsanordnung (12), die mit der Steuereinheit verbunden ist, mit einem Muttertaktgeber (20) in Verbindung steht, dessen Takte an den Universal-Vorwahlzähler (19), einen schaltbaren Dividierer (23) eine Quadrature Sample-Einrichtung (27) sowie einen Dividierer (29), der die Additionsfreigabe steuert, gelegt sind, daß der außerdem von dem Demultiplexer (21) angesteuerte schaltbare Dividierer (23) mit seinem Ausgang sowohl an die Quadrature-Sample-Einheit (27) als auch den Zähler für die Fokusslage und Linienlagen (25) gelegt ist, dessen Ausgang auf die Quadrature-Sample-Einheit (27) geht, die außerdem über eine Leitung (28) von dem Signal einer programmierbaren Entscheidungslogik angesteuert wird.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der digitale Receive-Zwischenspeicher aus einem Analog-Digital-Wandler (29) sowie einem FIFO-Speicher (30) besteht.

DIPL.-PHYS.
HEINRICH QUARDER

PATENTANWÄLTE
DIPL.-ING.
BERTHOLD SCHMID

6.
DR.-ING.
3236218
GERHARD BIRN

RICHARD-WAGNER-STRASSE 16 D-7000 STUTTGART FERNSPRECHER (0711) 2444 46/47 · TELEGR. QUPAT

UNSER ZEICHEN A 12 626

Dr. Rudolf H a u k e
Albrechtstraße 12

4300 E s s e n

Dietmar D e m u t h
Zum Mühlberg 14

5840 Schwerte 5

Verfahren und Vorrichtung zur digitalen
Ansteuerung einer Verzögerungskette
für ein Ultraschall-Gerät

In der Materialprüfung mit Ultraschall und in der medizinischen Ultraschalldiagnostik zeigt die Entwicklung die Notwendigkeit des Übergangs von mechanischen zu elektronisch abgetasteten Systemen.

Eine Verbesserung der Bildqualität erfordert gleichzeitig eine elektronische Fokussierung. Insbesondere ist es wünschenswert, durch geeignete Phasen- bzw. Zeitschiebungen der gesendeten bzw. empfangenen Signale Fokussierungen in beliebigen

bigen Tiefen des zu untersuchenden Materials vornehmen zu können, um so während des Empfangs einer Ultraschall-Linie (wie in Fig. 1 gezeigt) jeweils die Information aus der Tiefe exakt zu verarbeiten, welche gerade untersucht werden soll. Dieses Prinzip wird allgemein als "dynamische Fokussierung" bezeichnet.

Bei bekannten Systemen der vorgenannten Art sind jedoch ohne Verluste von Bildinformation und mit vernünftiger Weise zu vertretendem elektronischen Aufwand nicht mehrere Fokuspunkte pro empfangener Linie zu erreichen, weil die Umschaltung der Verzögerungsketten in Bruchteilen von μs erfolgen muß, wobei die jeweiligen Änderungen der Verzögerungszeiten ebenfalls nur wenige μs betragen.

Zum weiteren setzt sich in der praktischen Anwendung immer mehr die Forderung durch, daß durch geeignete Phasenbelegung der Sende- und Empfangselemente (siehe Fig. 2) unterschiedliche Abtastmoden mit dem gleichen Gerät durchgeführt werden können. So soll nicht nur der reine Parallel-Scan, sondern auch der Ablenk-Scan (teilweise auch als Kleinwinkelablenkung bekannt) zur Erhöhung der Auflösung und Reduzierung von

Speckle vorgenommen werden können; andererseits wird auch gefordert, die bislang bekannten mechanischen Compound-Systeme durch elektronische ersetzen zu können.

Wie von D.A. Carpenter in "Ultrasound in Med. & Biol., Vol. 6, pp. 279-284 (1980) gezeigt, bietet eine derartige flexible Scan-Steuerung eine Anzahl von Vorteilen, insbesondere was die Abmessungen und die erreichbaren Ultraschall-Bildqualitäten eines Systems betrifft.

Hierzu werden beispielhaft schematisch einige dieser Abtastmöglichkeiten wiedergegeben (vgl. Fig. 3).

Das Hauptproblem bei der Verwirklichung der angesprochenen Scan-Abläufe ist die Entwicklung einer (in hohen Stückzahlen) kostengünstig herzustellenden, schnell umschaltbaren und entsprechend genauen elektronischen Verzögerungseinheit.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es demnach, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens aufzuzeigen, mit dessen Hilfe bei vertretbarem elektronischen Aufwand in der Ultraschall-Diagnostik bedarfsweise ein oder

mehrere Fokuspunkte pro empfangener Linie zu erhalten sind, was bei bekannten Systemen ohne Verlust von Bildinformation nicht möglich ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß ein Ultraschall-Sende-/Empfangswandler elektronisch so angesteuert wird, daß ein Ein- bzw. Auslesen einer Nutzinformation in bzw. aus einem, für jedes Element einer Untergruppe des Ultraschall-Sende-/Empfangswandlers jeweils einmal vorhandenen, digitalen Zwischenspeichers mit vorgeschaltetem Analog-Digital-Wandler über eine digitale Verzögerungssteuerung derart erfolgt, daß aus der Gesamtheit der in einem digitalen Speicher abgelegten Verzögerungszeitdaten die jeweils aktuellen, vom Ablenkwinkel bzw. Fokuspunkt und Element abhängigen Daten in einem, jeweils einem Analog-Digital-Wandler zugeordneten Zwischenspeicher zum Setzen der Universal-Vorwahlzähler geladen werden, so daß alle Universal-Vorwahlzähler auf ein Startsignal hin von einem, nur einmal vorhandenen, für alle Zähler gemeinsamen hochfrequenten Muttertakt heruntergezählt werden, um mit dem Übertragungsbit den jeweiligen Analog-Digital-Wandler zu einem exakt definierten Zeitpunkt zum Wandeln der Eingangsinformation anzusteuern und die so gewonnenen Digitalwerte in einem Empfangs-Zwischenspeicher abzulegen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß die von einem Mikrorechner angesteuerte Verzögerungsanordnung über eine programmierte Ablaufsteuerung eine MUX/Empfangseinheit, eine DEMUX/Sendeeinheit sowie eine Multiplex-Kontrolleinheit ansteuert, wobei eine digitale Verzögerungssteuerung sowohl mit der Ablaufsteuerung als auch mit der Multiplex-Kontrolleinheit rückgekoppelt verbunden ist und von letzterer gleichzeitig über einen Verzögerungszeit-Speicher angesteuert wird, dabei mit einem ersten Ausgang mit einer Decodier- und Additionseinheit, mit einem zweiten Ausgang mit einem Zwischenspeicher, dessen Ausgänge auf die Decodier- und Additionseinheit gelegt sind, mit einem dritten Ausgang mit einem Scan-Converter, der außerdem von dem Mikrorechner und der Decodier- und Additionseinheit angesteuert wird und dessen Ausgang mit einer Display-Einheit verbunden ist, sowie mit einem vierten Ausgang mit der DEMUX/Sendeeinheit verbunden ist, deren Ausgang mit einer m-Element-Sonde verbunden ist, welche wiederum mit der MUX/Empfangseinheit verbunden ist, wobei deren Ausgang an den Zwischenspeicher gelegt ist.

Einzelheiten der Erfindung werden nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den zugehörigen

Zeichnungen näher beschrieben. Von den Zeichnungen zeigt:

- Figur 1 in grafischer Darstellung das Prinzip der dynamischen Fokussierung,
- Figur 2 eine schematische Darstellung zur Verwirklichung unterschiedlicher Abtastmoden,
- Figur 3 die schematische Darstellung einiger Abtastmöglichkeiten,
- Figur 4 das Blockschaltbild zur Verwirklichung eines flexiblen Scan-Ablaufs,
- Figur 5 das Blockschaltbild einer digitalen Verzögerungssteuerung, und
- Figur 6 eine mögliche Ausgestaltung des Receive-Zwischenspeichers in Digitaltechnik.

Das in Fig. 4 dargestellte Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung der notwendigen Digitalverzögerung weist zur Realisierung eines flexiblen Scan-Ablaufes einen Mikrorechner 1 auf, der der gesamten Verzögerungsanordnung übergeordnet ist und diese sowie einen Scan-Converter 3 zur Darstellung der empfangenen Echosignale auf einem Monitor 4 steuert. Der Mikrorechner 1 übergibt der Verzögerungsanordnung 2 jeweils einen Code für einen Ablenkwinkel des Ultraschallstrahls. Über ein Steuersignal wird die mikroprogrammierte Ablaufsteuerung gestartet. Die Ablaufsteuerung kontrolliert nun den folgenden Linienzyklus, der aus der Aussendung eines Ultraschallpulses und dem Empfang des reflektierten Echos besteht. Die Ablaufsteuerung 5 programmiert den Demultiplexer/Sendeeinheit 7 und den Multiplexer/Empfangseinheit 6 zur Auswahl von N Elementen einer M-elementigen Sonde 15.

Die Multiplexer-Kontrolleinheit 11 hat die Aufgabe, die Verzögerungszeiten aus dem Verzögerungszeit-Speicher 8 für die verschiedenen Ablenkwinkel und Fokustiefen an die digitale Verzögerungssteuerung 12 zu übergeben.

Von der Ablaufsteuerung 5 erhält sie die Information, welche Verzögerungszeiten in Abhängigkeit vom Systemzustand als

nächste geladen werden müssen.

Zum Aussenden eines Ultraschallpulses wird die digitale Verzögerungssteuerung 12 von der programmierten Ablaufsteuerung 5 getaktet. Während eines Linienzyklus meldet sie der Ablaufsteuerung 5 den Systemzustand und stößt die Multiplexer-Kontrolleinheit 11 zum Laden neuer Verzögerungszeiten an.

Zum Aussenden eines Ultraschall-Signals erzeugt die digitale Verzögerungssteuerung 12 für die einzelnen Elemente geeignete Trigger-Signale, die mit Hilfe der Demultiplexer/Sendereinheit 7 auf die ausgewählten Elemente der Ultraschallsonde 15 geleitet werden. Nach entsprechendem Multiplexen der von den einzelnen Elementen empfangenen Ultraschallsignale wird durch die digitale Verzögerungssteuerung 12 ein Receive-Zwischenspeicher (vgl. Fig. 6) geeignet angesteuert. Vorzugsweise werden jeweils zwei Empfangssignale paarweise in den Zwischenspeicher 13 eingelesen, wobei das zweite Empfangssignal zum ersten um 90° phasenversetzt ist. Hierdurch kann eine Datenreduktion durch das aus der Literatur bekannte "quadrature sampling" vorgenommen werden.

Anschließend wird diese Information in einer nachfolgenden Additions- und Decodiereinheit 14 entsprechend bearbeitet und zusammengefaßt, um dann in einen Ultraschall-Scan-Converter 3 eingetragen zu werden, wobei der Ultraschall-Scan-Converter sowohl analog als auch digital ausgeführt sein kann.

Die konvertierten Daten werden auf einer Display-Einheit 4 zur Darstellung gebracht.

Eine erfindungsgemäße Ausgestaltung der digitalen Verzögerungssteuerung ist in Fig. 5 wiedergegeben. Dem Prinzip nach wird die digitale Verzögerung dadurch bewirkt, daß Zähler mit der Verzögerungszeit geladen und durch ein geeignetes Signal heruntergezählt werden, wobei das Ende des Zählvorgangs die gewünschte Zeitverzögerung ergibt.

Dieses Prinzip ist rein digital nach dem gegenwärtigen Stand der Technik bis zu Frequenzen von 500 MHz zu verwenden, um Phasengenauigkeiten bis zu 2 ns zu erhalten.

Von der Steuereinheit werden die Daten für die Verzögerungszeiten der einzelnen Ultraschall-Kanäle über Verzögerungszeit-Zwischenspeicher 17 auf ein Steuersignal 18 hin in den für

das jeweilige Ultraschall-Sende-Empfangselement verantwortlichen Universal-Vorwahlzähler 19 übergeben.

Diese Zähler werden von einem nur einmal vorhandenen, für alle Kanäle gemeinsamen hochfrequenten Muttertakt 20 entsprechender Genauigkeit heruntergezählt. Das Überlaufsignal eines jeden Zählers dient über einen entsprechenden Demultiplexer 21

- a) als Steuersignal 22 für die jeweilige Sendestufe, bzw.
- b) im Empfangsfall als Einschaltsignal eines Dividierers 23, der den Muttertakt auf die Frequenz herunterteilt, die für ein ordnungsgemäßes Einlesen und Speichern der Empfangsinformation notwendig ist.

Dieses Signal steuert dann das Einlesen 24 der Empfangsinformation des jeweiligen Ultraschall-Elements in einen zugehörigen Empfangsspeicher.

Das heruntergeteilte Signal wird außerdem auf den Zähler 25 gegeben, der die jeweilige Tiefe, aus der das aktuelle Empfangssignal kommt, detektiert.

Durch diesen Zähler wird bestimmt, zu welchem Zeitpunkt eine zusätzliche Verzögerung für die dynamische Fokussierung eingefügt werden soll. Zusätzlich legt der Zähler durch ein Ausgangssignal 26 die Beendigung des Empfangs einer einzelnen Linie fest.

Um festlegen zu können, ob eine Datenreduktion über das "Quadrature Sampling"-Prinzip erfolgen soll, muß das heruntergeteilte Signal über eine entsprechend von außen 28 programmierbare Entscheidungslogik 27 gegeben werden. Das Ausgangssignal 24 dieser Logik dient zum phasenrichtigen Einlesen des Empfangssignals.

Nachdem die Empfangssignale für alle Kanäle gespeichert wurden, wird über ein entsprechendes Steuersignal die Summation zu einem entsprechend phasenrichtig überlagerten Ausgangssignal durchgeführt. Der Auslesetakt wird wieder durch einen entsprechenden Dividierer 29 vom Muttertakt abgeleitet und hat für alle Kanäle die gleiche Frequenz.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird diese digitale Verzögerungssteuerung industriell durch Maskenprogrammierung (Gate-Array-Technology) hergestellt, um

kosten- und volumengünstig diese Anordnung zu verwirklichen.

Eine sinnvolle Ausgestaltung des Receive-Zwischenspeichers in digitaler Technik ist in Fig. 6 wiedergegeben.

Die Datenaufnahme erfolgt für jeden Ultraschall-Kanal einzeln und wird durch die Verzögerungszeitlogik gesteuert; sie liefert das Trigger-Signal für die Analog-/Digital-Wandler 29 und für das Einlesen der digitalisierten Daten in den Zwischenspeicher 30 (FIFO-Speicher).

Das Auslesen der Daten erfolgt für alle Kanäle gemeinsam über ein Lese-/Steuer-Signal.

Die phasenrichtige Aufaddition der ausgelesenen Daten erfolgt für einen Datenpunkt für alle Kanäle parallel.

Die Realisation dieses Addierers ist mittels der heutigen Digitaltechnik problemlos.

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

32.36.218
G 01 N 29/00
30. September 1982
5. April 1984

Fig.1

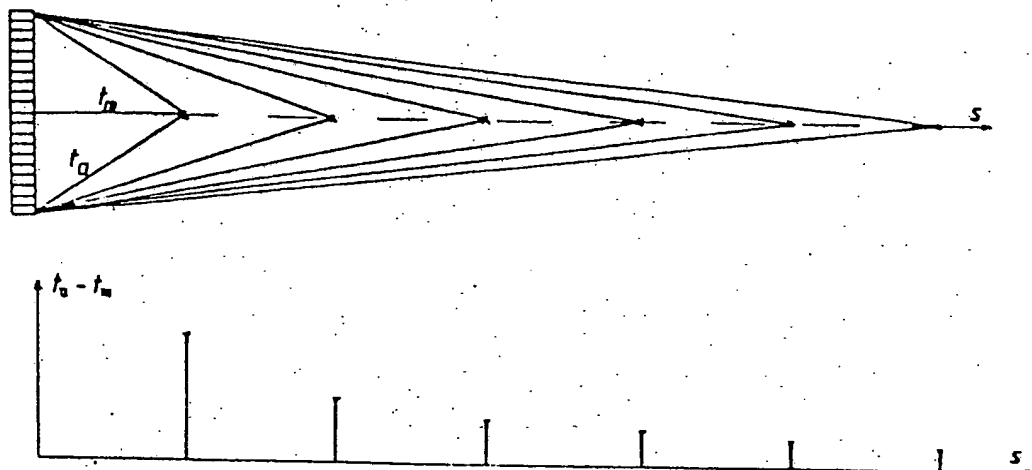


Fig.2

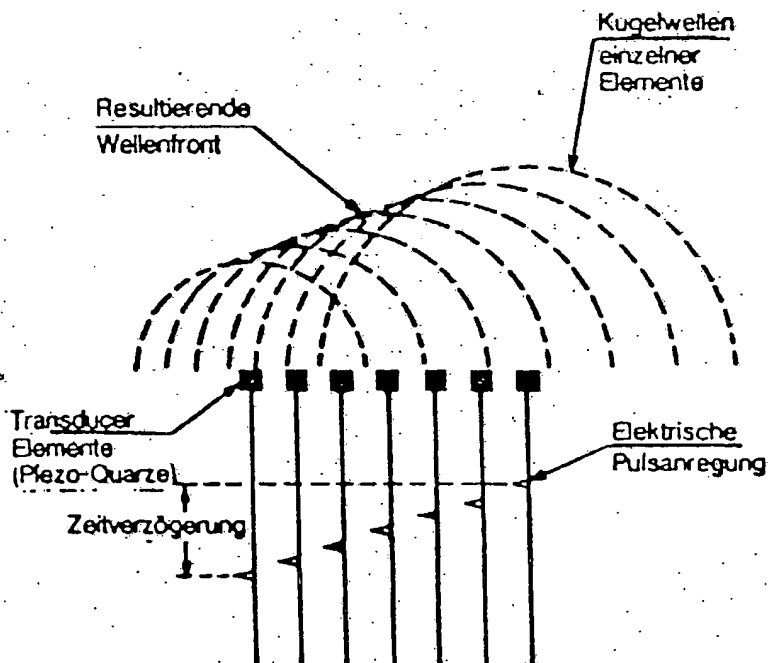
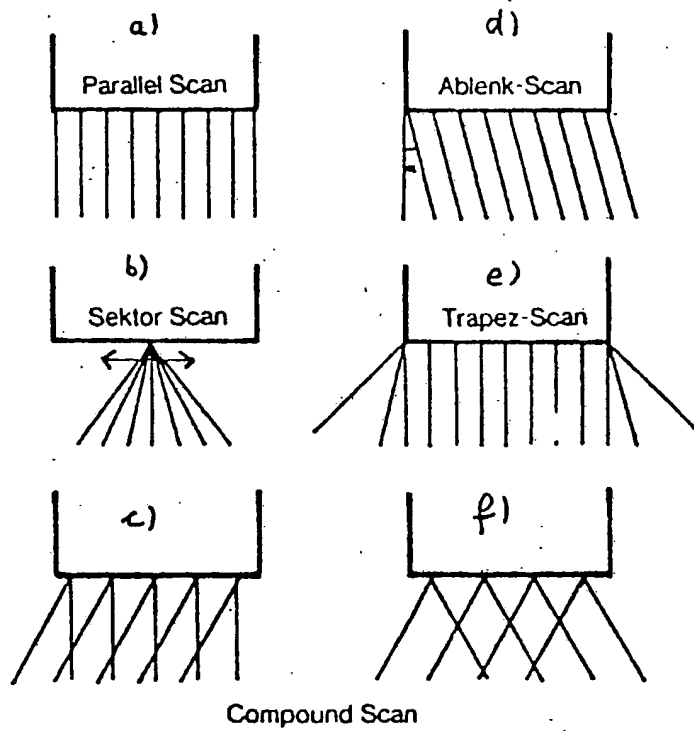


Fig.3

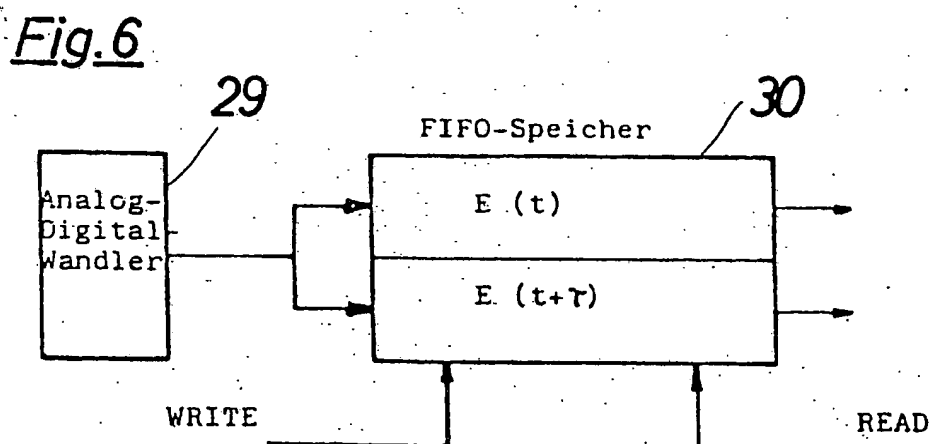
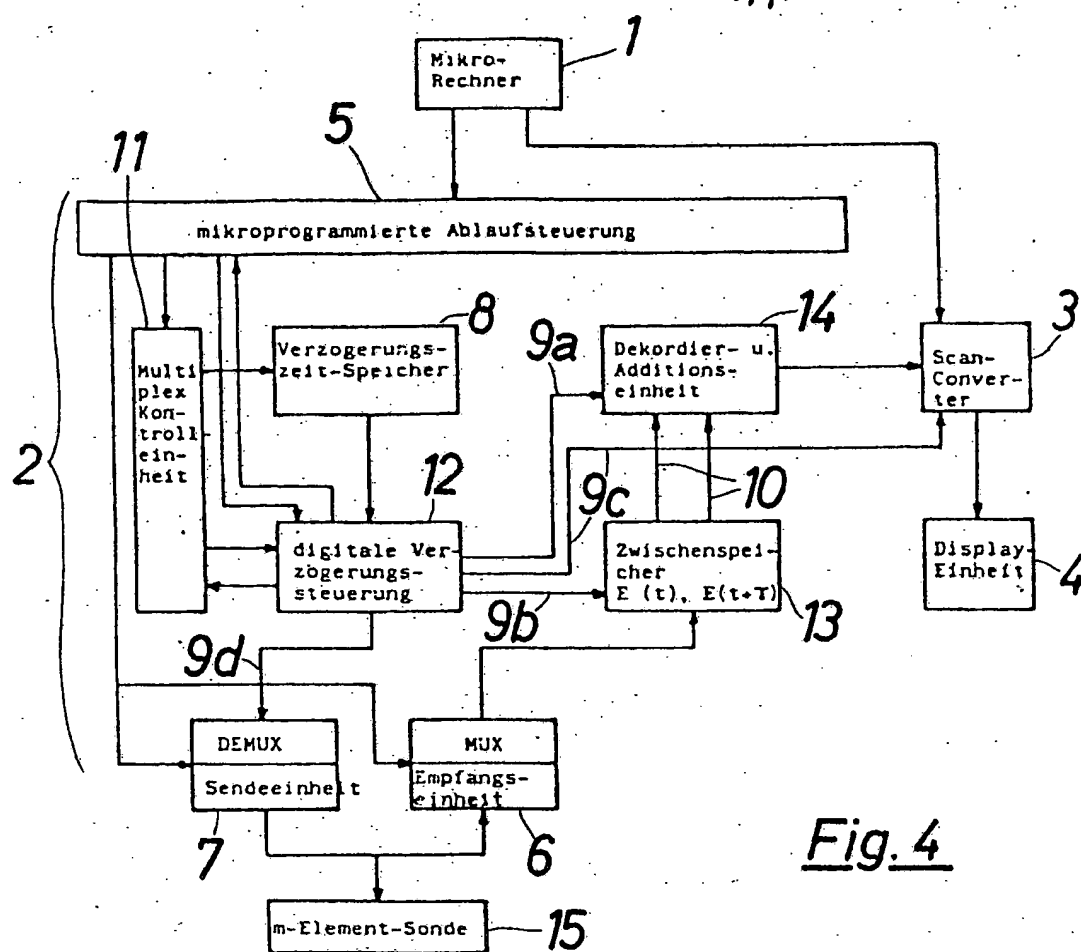


Fig. 5

